UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

TEMA 5: GESTIÓN DE LA TECNOLOGÍA DIGITAL EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Asignatura: Dirección de Operaciones II

Grado en Administración y Dirección de Empresas (Plan 2010)

Gestión de la Tecnología Digital en la Cadena de Suministro © 2025 by Jorge Tarifa Fernández is licensed under CC BY-NC-ND 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

INDICE GENERAL

TECNOLOGÍA DIGITAL APLICADA 6
INTRODUCCIÓN 7
1. La Cuarta Revolución Industrial 7
2. La Cadena de Suministro Inteligente 10
3. La Industria 4.0 15
4. Las tecnologías digitales en la cadena de suministro 17
4.1. Implementación de la tecnología digital 20
4.2. El campeón digital 22
4.2.1. Digitalización 22
4.2.2. Implementación tecnológica 24
4.2.3. Gestión de la cadena de suministro 25
4.3. Implementación estratégica 27
4.3.1. Ruta 1: la transformación de las operaciones 27
4.3.2. Ruta 2: la reorganización de la propuesta de valor 29
5. Principales efectos de las tecnologías digitales en la cadena de suministro 32
5.1. Impacto de las tecnologías digitales en áreas específicas de la cadena de suministro 33
5.1.1. Tecnologías colectoras y analizadoras 34
5.1.2. Tecnologías interpretadoras y transformadoras 36
TERMINOLOGÍA 40
BIBLIOGRAFÍA 41
APÉNDICE 42

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLA 1. ELEMENTOS DE DESARROLLO Y DISPONIBILIDAD SEGÚN EL ENTORNO 20

TABLA 2. MARCO PARA LA DIGITALIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO 23

TABLA 3. PROCESOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN TECNOLÓGICA Y SUS ELEMENTOS CLAVE 24

TABLA 4. OBJETIVOS NECESARIOS PARA UNA GESTIÓN EFICIENTE DE LA CADENA DE SUMINISTRO 26

TABLA 5. EJEMPLOS DE LAS PRINCIPALES IMPLEMENTACIONES DE LA RUTA 1 28

TABLA 6. EJEMPLOS DE LAS PRINCIPALES IMPLEMENTACIONES DE LA RUTA 2 29

TABLA 7. PRINCIPALES BENEFICIOS DE LAS TECNOLOGÍAS COLECTORAS Y ANALIZADORAS PARA LA GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO 35

TABLA 8. PRINCIPALES BENEFICIOS DE LAS TECNOLOGÍAS TRANSFORMADORAS E INTERPRETATIVAS PARA LA GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO 37

FIGURA 1. EMPRESAS DIGITALES Y DIGITALIZADAS 8

FIGURA 2. CAMBIO DESDE LA RIVALIDAD HACIA LA COLABORACIÓN 11

FIGURA 3. EJEMPLO DE TECNOLOGÍAS ASOCIADAS LA INDUSTRIA 4.0 17

TEMA 5: GESTIÓN DE LA TECNOLOGÍA DIGITAL EN LA CADENA DE SUMINISTRO

DIRECCIÓN DE OPERACIONES II

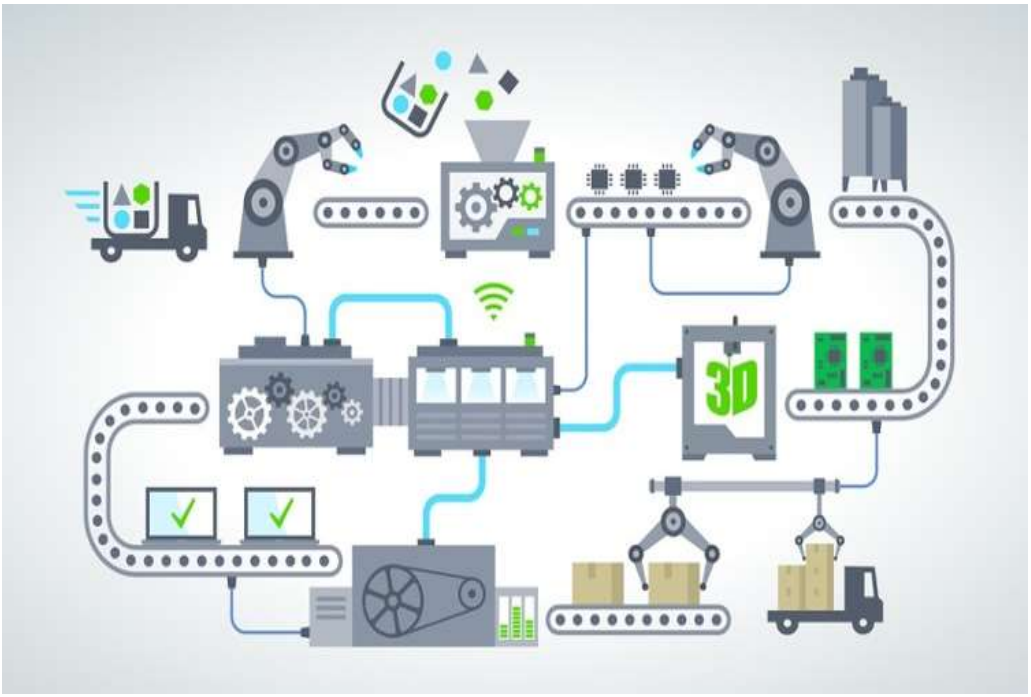
GRADO EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS

Jorge Tarifa Fernández

TEMA 5: GESTIÓN DE LA TECNOLOGÍA DIGITAL EN LA CADENA DE SUMINISTRO

OBJETIVOS DEL TEMA:

- Ser conscientes de los factores ambientales que afectan al desarrollo de las cadenas de suministro y su competitividad.
- Conocer e identificar los diferentes elementos de gestión de las cadenas de suministro inteligentes.
- Tomar conciencia de la evolución de la Industria 4.0 y sus principales factores.
- Describir y detallar los diferentes procesos de implementación de tecnologías digitales.
- Identificar los principales beneficios para la cadena de suministro del uso/implementación de las tecnologías digitales.



TECNOLOGÍA DIGITAL APLICADA

Conagra, empresa de alimentos estadounidense, creó una plataforma con IA capaz de reconocer cuáles son las áreas de potencial crecimiento en el sector al identificar las preferencias de sus consumidores. Gracias a esta tecnología aplicada, Conagra es más consciente de las tendencias en el mercado y ha lanzado nuevos productos.

El *Big Data* es la tecnología aplicada en el caso de ***Netflix***, empresa que dispone de una gran base de datos con información del comportamiento de sus usuarios. Así, el *Big Data* le permite a *Netflix* conocer desde qué contenido recomendar a sus suscriptores, hasta cuáles son los elementos que definirán el éxito en la creación de una nueva serie.

Zara hace uso del *Cloud Computing* para reducir el tiempo de lanzamiento de sus productos. Para esto, promueve la investigación de mercados con métodos como la conversación de venta. Toda la información resultante es almacenada en la nube y compartida de forma inmediata con gerentes, diseñadores y otros especialistas. Con base en los resultados, estos proceden a trabajar de inmediato en la nueva colección para las próximas semanas.

Virgin Atlantic Airways, aerolínea londinense, aplicó el *IoT* en las piezas de sus aviones con la finalidad de monitorearlas en todo momento. De esta manera, el personal está al tanto del estatus de cada una de las partes del avión en tiempo real y, de haber algún fallo, pueden tomar las medidas necesarias para corregirlo.

Fuente: https://enzyme.biz/blog/tecnologia-aplicada

INTRODUCCIÓN

La cadena de suministro digital surge como consecuencia del desarrollo de las tecnologías digitales basadas en Internet. Cuanto mejor se gestione la información entre las empresas involucradas, mejor será la explotación de los beneficios de la implementación de las tecnologías digitales. A pesar de los claros beneficios que conlleva la implementación de la tecnología digital, ninguna empresa ha conseguido llevar a cabo una implementación completa.

La incertidumbre, la volatilidad y la rápida obsolescencia de la tecnología generan la principal barrera a la adopción, marcando la diferencia estratégica entre los primeros adoptantes y los seguidores. El proceso de guiar a las empresas hacia la digitalización pasa por el desarrollo de las capacidades tecnológicas, las cuales pueden no estar presentes en la mayoría de las empresas. En la mayoría de los casos la falta de desarrollo de capacidades tecnológicas frena la mayoría de los procesos de implementación, haciendo que la inversión asociada no sea rentable. Por ello, es de gran importancia contar con una fuerza de trabajo que 'entienda' las tecnologías que se pretende implementar

1. La Cuarta Revolución Industrial

La llegada de las tecnologías digitales basadas en Internet ha transformado la forma en la que nos relacionamos con los demás y con nuestro entorno (ver Figura 1). De este modo, el desarrollo de las tecnologías digitales impulsa una ventaja competitiva frente al ciclo acelerado de innovación al que está sometida la sociedad, manteniendo en todo momento un cierto equilibrio entre la innovación y la capacidad humana y técnica disponible.

La esencia de la Cuarta Revolución Industrial es la digitalización de todos los activos fijos y la integración en los ecosistemas digitales con los socios de

la cadena de suministro. El concepto de Industria 4.0 principalmente representa esta revolución en la que, en sentido general, describe la introducción de las tecnologías basadas en Internet en la industria. Esto es, comprende el conjunto de estrategias y acciones conducentes a la aplicación de los sistemas de información y comunicación avanzados y las tecnologías orientadas al futuro con el objetivo de acercar el mundo físico y el virtual. Asimismo, la Industria 4.0 puede entenderse a través de tres elementos principales: (a) digitalización e integración con los socios de la cadena de suministro; (b) digitalización de los productos y servicios ofrecidos; y (c) modelos de negocio digitales y acceso de los clientes.

FIGURA 1. Empresas digitales y digitalizadas

Fuente: Elaboración propia a partir de los logotipos de las empresas

La relación entre las tecnologías digitales y las empresas hace necesaria la revisión de las bases de conocimiento aplicadas a la gestión de las operaciones con el objetivo de permitir una implementación progresiva. Este análisis puede llevarse a cabo a través de dos niveles diferentes, aunque mutualmente interconectados. El primer nivel es de naturaleza estratégica y responde a las necesidades de planificación de las acciones que podrían integrar a las empresas de forma individual en una red intrincada de relaciones. Las

empresas implicadas deben tener suficiente cohesión para compartir tanto un pensamiento como una visión común. Estas circunstancias conducen al concepto de cadena de suministro inteligente. El segundo nivel es de naturaleza operativa y prevé el control de todas las acciones y actividades que las empresas tienen que llevar a cabo. En este sentido, si el proceso de producción funciona correctamente, se alcanzarán los objetivos propuestos. Con el objeto adaptarse a las tendencias actuales, estos esfuerzos deben realizarse manteniendo una conexión permanente tanto dentro de la propia empresa como con el resto de los socios de la cadena de suministro. El término Industria 4.0 abarcaría esta perspectiva. Aunque cada nivel es responsable de la resolución de problemas dentro de su propio campo de acción, esto es, estratégico u operativo, ambos deben estar relacionados para comprender que son complementarios y que las decisiones tomadas por cada uno tendrán un impacto innegable en el desarrollo del otro.

Los procesos de adaptación a esta nueva revolución ocurren, indudablemente, por la digitalización de los negocios. Para ello, se necesitan altas dosis de compromiso y colaboración entre las personas, las cosas y la propia empresa. Así, la maquinaria debe organizarse de forma autónoma mientras que la cadena de suministra se conecta de forma automática. Las órdenes pueden transformarse directamente en datos para la fabricación y el equipamiento puede negociar virtualmente las acciones necesarias para llevar a cabo los pasos siguientes. Esta conexión es posible a través de la creación y fortalecimiento del vínculo de las partes físicas y virtuales.

La implementación de las tecnologías digitales hace que los límites de las empresas se vuelvan difusos en comparación con las empresas tradicionales. Estos nuevos modelos de negocio, debidos a diferentes formas de crear valor, se están convirtiendo en dominantes. Así, por ejemplo, a medida que las tecnologías digitales se vuelven la norma para la mayoría de las empresas, el fenómeno de los negocios de plataformas gana atención. De esta forma, la

creación de valor consiste, principalmente, en ofrecer productos, servicios o tecnologías que proporcionan la bases sobre la cual las empresas externas pueden desarrollar sus productos complementarios, tecnologías o servicios. Este tipo de cambios puede forzar a clientes y consumidores a adaptarse a la nueva situación, creando grandes incertidumbres que resolver.

RECUERDA QUE:

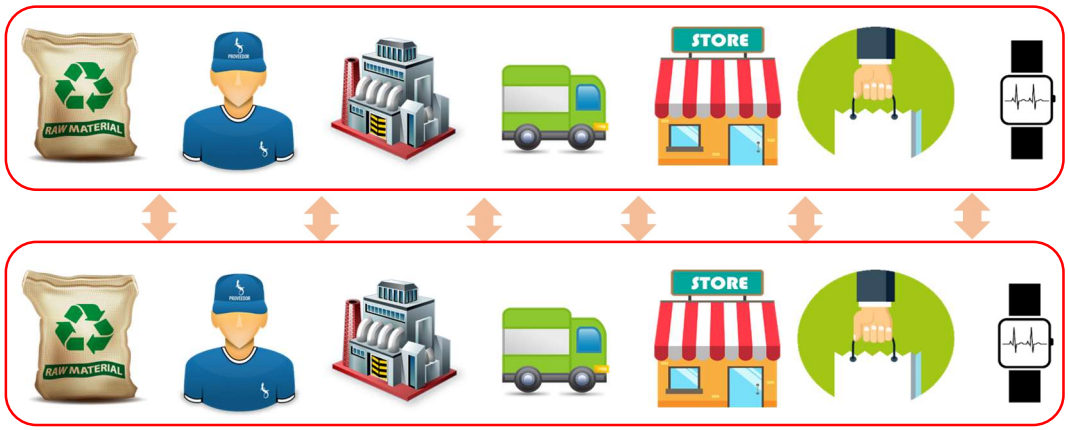
- Hay una estrecha relación entre la Cuarta Revolución Industrial y la digitalización
- La Industria 4.0 se caracteriza por la digitalización de los socios de la cadena de suministro, los productos y servicios y el modelo de negocio para el acceso de los clientes
- La digitalización tiene que cubrir tanto el nivel estratégico como el táctico-operativo

2. La Cadena de Suministro Inteligente

Factores tales como la globalización o el incremento en la competitividad han sido determinantes para que las empresas desarrollen relaciones estratégicas y colaborativas con los socios de la cadena de suministro. En esta situación, la incertidumbre tiene un papel dominante, forzando a las empresas a darse cuenta de la importancia de sus socios dentro de la cadena de suministro. Las empresas tienen que ver en ellos la oportunidad para desarrollar, bajo una perspectiva estratégica, una ventaja competitiva que permita a todos los miembros permanecer competitivos en los mercados. En este sentido, las empresas desarrollan sus relaciones con proveedores y clientes tratando de integrar con ellos su sistema de toma de decisiones. Las empresas enlazan el mantenimiento de esas relaciones a lo largo del tiempo con sus intereses generales. Previo a este cambio, la concepción de la rivalidad se entendía entre empresas; sin embargo, estas relaciones cambian el foco de la competitividad al nivel de cadena de suministro (ver Figura 2).

El nivel de desarrollo de las relaciones dentro de la cadena de suministro pasa por un rango continuo, desde lo más transaccional hasta los sistemas específicos de interconexión. Así, cuando las relaciones entre los socios de la cadena de suministro sobrepasan los límites personales sin perder su propia identidad, aparece el concepto de cadena de suministro inteligente.

FIGURA 2. Cambio desde la rivalidad hacia la colaboración



Fuente: Elaboración propia

La cadena de suministro inteligente es, por tanto, un fenómeno supraorganizacional en el que las empresas dentro de una misma cadena de suministro están involucradas en acciones colectivas a través de la motivación, aprendizaje y trabajo continuo y el desarrollo de competencias. Esto tiene como objetivo desentrañar la complejidad de los problemas a nivel de la cadena de suministro, creando un ecosistema eficiente y sostenible. Para un desarrollo y funcionamiento ideal de las relaciones colaborativas, las empresas implicadas deben tener elementos en común que respondan a perfiles organizativos similares. Así, determinadas características como la predisposición a la innovación, la diseminación permanente de la información, la búsqueda de nuevas formas de hacer las cosas, el respeto al medioambiente, la proactividad o la preocupación por los problemas sociales

formará la base común sobre la cual desarrollar un pensamiento común. Por tanto, las empresas deben buscar aquellos socios de la cadena de suministro que cumplan con los requerimientos que cada empresa considere oportunos.

En términos generales, el propósito de la cadena de suministro inteligente abarca la obtención de un cambio económico, social y ambiental (entendiéndose en sentido permanente). Dichos cambios implican que las empresas trabajen de forma simultánea a dos niveles: individual y colectivo. El primero implica que las empresas se centren en su gestión interna, tratando de adaptarse a las exigencias acordadas por la cadena de suministro. El segundo, dentro del ámbito colectivo, implica que las organizaciones tienen que trabajar en el mantenimiento de la conexión con el resto de los miembros de la cadena de suministro. Aunque ambos enfoques pueden realizarse en diferentes momentos del tiempo, tiene que emerger de forma simultánea. Debe producirse un intercambio de información sin esfuerzo en ambas direcciones de manera que exista un mínimo de cohesión entre ambas que conduzca a alcanzar el objetivo óptimo. De otra forma, las inconsistencias tales como el trabajo redundante o los conflictos de intereses pueden actuar en detrimento de un buen desarrollo.

Para ello, se debe buscar un cierto nivel de relación a largo plazo, lo cual pasaría por reducir los enemigos de la colaboración: la incertidumbre, el incumplimiento de las obligaciones, la desconfianza y el oportunismo.

Una vez que las empresas han decidido implicarse en estos procesos, tienen que mostrar un determinado nivel de compromiso a largo plazo hacia todos los miembros de la cadena de suministro. Esta actitud ayuda a fortalecer su participación y estabilidad dentro del grupo a la vez que reduce la incertidumbre, la desconfianza y el oportunismo. Internamente la responsabilidad para el cambio recae sobre la alta dirección, resultando de especial interés en las primeras etapas del desarrollo de las relaciones. Asimismo, también son los encargados de las acciones necesarias para

converger hacia la cadena de suministro inteligente. En este punto, el objetivo es crear un ecosistema en el que proveedores, socios y clientes estén inmersos en la co-creación y captura del valor añadido.

Cada empresa debería actuar sobre diferentes aspectos internos para acercarse a sus socios dentro de la cadena de suministro. Por tanto, el enriquecimiento de cada empresa empieza desde dentro para favorecer un desarrollo apropiado hacia afuera. Así, por ejemplo, elementos tan esenciales como la información debe fluir de manera impecable.

En términos generales, hay cinco puntos en los que las empresas deberían centrarse para mejorar sus relaciones de la cadena de suministro:

— Recursos humanos. Este es uno de los puntos más importantes puesto que tratar con los recursos humanos representa la base de cada empresa. El foco se centra en buscar el compromiso y la motivación de los trabajadores a través de la extensión de sus habilidades. Las empresas deben ofrecerles la libertad para tomar decisiones de forma autónoma dentro de su alcance, así como estar pendiente de sus preocupaciones e inquietudes. Estas acciones pretenden alcanzar una comprensión mutua entre los trabajadores y la empresa. En pocas palabras, se trata de generar una alineación entre los objetivos de los trabajadores y los de la empresa.

— Aprendizaje. Está directamente relacionado con el anterior puesto que implica proporcionar a los trabajadores con el *saber hacer* para poder desarrollar su trabajo como un equipo, beneficiándose así del conocimiento de cada uno, lo que en última instancia les ayuda en la mejora en la resolución de problemas. Es, por tanto, un proceso de socialización y adaptabilidad que permite a los trabajadores reducir las barreras e incluirlos dentro del pensamiento global o colectivo. Entre

otros, prácticas tales como los grupos de trabajo o los círculos de calidad ayudan a fomentar este tipo de estímulos.

— Cambio cultural. Las empresas tienen que apoyar el cambio cultural dentro de las empresas para mantenerse proactivas y en constante alerta ante las situaciones disruptivas. Deben cambiar los estándares preestablecidos y favorecer la transición, facilitando, por tanto, el camino a los trabajadores. Con ello, las empresas promueven la creatividad y la capacidad de innovación entre sus trabajadores, permitiéndoles ver las cosas de una forma única y alejándolos de las rutinas y los pensamientos poco estimulantes. Al mismo tiempo, las empresas generan una nueva base de conocimiento en line con sus objetivos, resultando, a su vez, en una mejora de su adaptabilidad.

— Visión futura. Las empresas deben crear una imagen de su trayectoria futura a través del establecimiento de una aspiración compartida. Para hacerlo, deben crear y establecer con firmeza una identidad corporativa. Esta determinación sería como definir la personalidad de cada empresa, es decir, lo que las empresas hacen comúnmente o cómo se comportan cuando se enfrentan a determinados estímulos. Esto significa que no sólo los trabajadores se deberían sentir identificados con la empresa, sino que también debe haber una identidad hacia la cual los trabajadores se enfoquen como su punto de referencia. La interacción de la empresa tanto con su entorno general como con el resto de las empresas dentro de la cadena de suministro es la responsable de forjar esta identidad. En este sentido, cada empresa actuará y se comportará de acuerdo con el comportamiento de otras. Por ello, la coordinación entre todas ellas dentro de la cadena de suministro es de vital importancia puesto que cada acción está en línea con el resto. Este alineamiento permite la identificación de cada identidad corporativa dentro de la cadena de suministro.

— Procedimientos internos. Se centran en la comprensión del rendimiento individual dentro de la cadena de suministro. El objetivo es alcanzar un pensamiento sistemático que guie y estructure la ejecución del conocimiento e ideas de cada empresa.

RECUERDA QUE:

- Para el buen desarrollo de la digitalización es necesario el establecimiento de relaciones estratégicas colaborativas en la cadena de suministro
- Hay que trabajar a nivel individual y colectivo en los objetivos económico, social y ambiental
- Las empresas deben ser conscientes de sus recursos humanos, su cultura, su visión futura y sus procedimientos internos para mejorar las relaciones en la cadena de suministro

3. La Industria 4.0

La expansión de Internet, junto con la digitalización de la información, han derivado en una gran automatización de los procesos. Este desarrollo ha permitido el avance de nuevos desarrollos tecnológicos y, por tanto, un trabajo autónomo e interconectado. Estas redes han sido creadas de manera que la integración entre los sistemas físicos y de información han favorecido la formación de una nueva revolución industrial. La esencia de esta revolución ha sido determinada por la adaptación de las tecnologías, primero en los procesos productivos y después en el resto de la empresa, para poder cubrir los huecos entre lo físico y lo virtual. Esto ha sido posible gracias al concepto de Industria 4.0, entendida como la digitalización de las cadenas de suministro que permite la implementación de las tecnologías emergentes con el objetivo último de obtener una producción más eficiente y flexible a la vez que se incrementa la calidad y se reducen los costes. Por tanto, la Industria 4.0 busca alcanzar la eficiencia de los productos adaptado a las necesidades

de unos clientes cada vez más exigentes que consideran tanto la optimización de los recursos como la preocupación por su uso responsable.

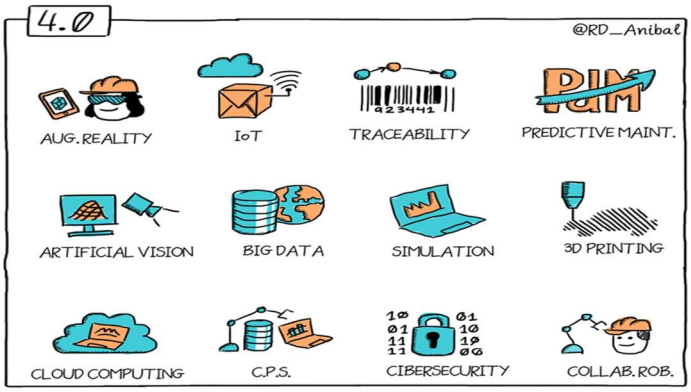
La Industria 4.0 se convierte en un facilitador de los intercambios fluidos de información, permitiendo el enriquecimiento de la comunicación entre las personas, las cosas, las máquinas y los sistemas. En pocas palabras, permite la agregación de las operaciones y el análisis de datos para la toma de decisiones autónoma. Por ejemplo, si algo impredecible ocurre en un proceso interno, el tiempo de respuesta se reduce. Este beneficio viene de la interconexión desarrollada en tiempo real, incluyendo a los trabajadores, que les permite tener la información necesaria para resolver los problemas disponibles de forma permanente. Por tanto, esta nueva concepción de la industria tiene el potencial de resolver las barreras más comunes relacionadas con la escasez de los recursos tales como la obtención de una comunicación adecuada, monitoreo y supervisión de procesos o la integración de las operaciones internas o aquellas con los socios de la cadena de suministro. Por ello, la contribución a la inteligencia que genera la Industria 4.0 para la sociedad es indudable dada su habilidad para resolver problemas proporcionando soluciones más objetivas e inteligentes.

La implementación de las tecnologías asociadas con la Industria 4.0 (ver Figura 3) resulta en un conjunto de ventajas para las empresas. Entre otras se pueden destacar:

- Permitir el desarrollo de la identidad y la comunicación para cada socio dentro de la cadena de suministro
- Inducir la personalización masiva de las tecnologías de la información y la comunicación en la fabricación
- Fomentar y asegurar una mejora en la cooperación entre los empleados

- Permitir la planificación de la producción en tiempo real y la auto-optimización dinámica de la maquinaria
- Favorecer el grado de automatización de manera que las máquinas inteligentes en la línea de producción pueden sincronizarse autónomamente con la cadena de valor en su conjunto.

FIGURA 3. Ejemplo de tecnologías asociadas la Industria 4.0



Fuente: @RD_Anibal

RECUERDA QUE:

- La Industria 4.0 pretende reducir la distancia entre lo físico y lo virtual
- Debe haber un correcto intercambio de información entre las personas, las máquinas y los sistemas
- Las principales ventajas pasan por el desarrollo de la identidad, la personalización, y la colaboración y programación de actividades en tiempo real

4. Las tecnologías digitales en la cadena de suministro

El rápido desarrollo de las tecnologías digitales (ej. internet de las cosas, computación en la nube, Big Data —*BD*—, la fabricación aditiva o la inteligencia artificial —*IA*—), está fuertemente transformando la forma en la que se entienden las cadenas de suministro. Todos estos avances se caracterizan por la habilidad de recoger y analizar de forma automática grandes cantidades de datos (rapidez — flexibilidad), compartirlos y usarlos

para tomar decisiones en tiempo real (coordinación — colaboración). Con estas circunstancias, la principal preocupación de las empresas es la incertidumbre que rodea el desarrollo tecnológico y su impacto en los procesos de toma de decisiones.

La introducción de las tecnologías digitales en la cadena de suministro ha ejercido un gran impacto puesto que tiene la habilidad para cambiar la concepción de todas sus etapas. Por tanto, la cadena de suministro tradicional se transforma en un ecosistema totalmente integrado y transparente para todas las empresas implicadas, dando lugar a una red altamente sensible a la demanda.

La correcta aplicación de las tecnologías digitales en las diferentes áreas de la cadena de suministro permite a las empresas alcanzar una ventaja competitiva. Sin embargo, esto no se puede realizar de forma aislada. Para alcanzar una transformación digital exitosa las empresas necesitan colaborar de forma estrecha con el resto de las empresas dentro de la cadena de suministro. Esto se debe, principalmente, a que incluso las empresas más importantes y significativas carecen del poder, conocimiento o capacidad para diseñar y/o implementar la integración de la información, de extremo a extremo, a lo largo de toda la red de suministro.

La implementación de la tecnología digital que permite adaptar la cadena de suministro tradicional a una digital es compleja y no siempre está disponible para todas las empresas. Esta transformación comienza con la digitalización, consistente en el alineamiento de las alternativas digitales con los objetivos de la cadena de suministro y adoptando la metodología digital que permitirá aprovechar los recursos y capacidades potencialmente existentes. Determinar las tareas a llevar a cabo y los equipamientos necesarios para alcanzarlos, así como tener los recursos humanos con la capacidad de interaccionar con las tecnologías digitales debería posicionarse como el primer paso. A continuación, se selecciona la tecnología digital más

apropiada basándose en las capacidades, características y necesidades de cada empresa. De forma simultánea, se tienen que determinar los posibles riesgos, así como los pasos para su implementación.

Los cambios producidos por la implementación de la tecnología digital derivarán en determinados beneficios para las empresas. Por un lado, la disponibilidad de la información en tiempo real sobre cualquier proceso a lo largo de la cadena de suministro mejora enormemente la toma de decisiones y la gestión del riesgo. Además, la transparencia de la información permite a las empresas minimizar las interrupciones a través de la anticipación, pudiendo crear diferentes escenarios y ajustar la cadena de suministro de forma instantánea a las nuevas condiciones previniendo un incremento en los tiempos de manufactura. Por otro lado, permite reducir los niveles de inventario y mantenerlos en tiempo real de manera que la empresa es capaz de prever la demanda y controlar sus niveles de stock continuamente. De forma similar, los proveedores tienen acceso a la misma información de manera que pueden proporcionar a las empresas con las necesidades exactas en el momento adecuado. Igualmente, los tiempos de entrega se reducen gracias a los enfoques avanzados de previsión, tanto internos (demanda) como externos (tendencias del mercado, climatología, vacaciones) que combinado con los datos procedentes de la maquinaria se puede realizar una previsión de la demanda de los clientes mucho más precisa. De este modo, las previsiones mensuales se pueden convertir en semanales e incluso diarias sin un incremento en el coste.

Los beneficios de la implementación de la tecnología digital en la cadena de suministro quedan supeditados a la perfecta integración entre las personas, los procesos y la tecnología. Todo ello permite a las empresas alcanzar sus objetivos optimizando el uso de sus recursos. Así, por ejemplo, una reducción en las necesidades de mano de obra conllevará a una reducción en el coste a pesar de la alta inversión que suponen las tecnologías digitales.

Además, permite a las empresas ofrecer unos productos customizados y unos mejores servicios, implicando una mejora en la satisfacción de los clientes.

4.1. Implementación de la tecnología digital

La cadena de suministro digital es una nueva forma de gestionar la cadena de suministro más que determinar si los productos o servicios son físicos o digitales. Así, la cadena de suministro digital puede ser entendida como el proceso que, haciendo uso de la tecnología digital, crea un sistema interconectado a través de la comunicación multidireccional que permite la recogida y análisis de información en tiempo real de todas las empresas involucradas con el objetivo de proporcionar una respuesta rápida y flexible. Esto denota implícitamente que transformar una cadena de suministro tradicional en una digital implica la implementación de tecnología digital. Peso a ello, la implementación de la tecnología digital es un proceso complejo y no está permanentemente disponible para la mayoría de las empresas. Esto depende de diferentes elementos como la situación del entorno o las condiciones de la empresa en cuestión (ver Tabla 1).

TABLA 1. Elementos de desarrollo y disponibilidad según el entorno

	Desarrollo	Disponibilidad
Externo	Relaciones Cercanas	Tecnologías
Interno	Capacidades operativas digitales	Recursos financieros

Fuente: Elaboración propia

Con carácter general se entiende que existen cuatro etapas hacia una cadena de suministro digital efectiva. Estas etapas están basadas en el nivel de madurez digital, es decir, cómo de avanzadas están las empresas en el ámbito de la digitalización como consecuencia de la gran velocidad a la que cambian y evolucionan las tecnologías digitales.

El primer nivel corresponde al *novato digital*, donde los procesos de la cadena de suministro son discretos, llevados a cabo por departamentos individuales. Así, cada departamento obtiene información una vez el predecesor ha completado sus funciones. En este sentido, la relación entre los departamentos es transaccional y no hay retroalimentación más allá de los temas rutinarios y banales. De forma progresiva, con la implementación de sistemas de gestión, las empresas tratan de integrar sus procesos de la cadena de suministro internamente a través de la conexión de todo el sistema interno como si fuera uno solo. La intención es proporcionar un conocimiento profundo y sólido de cada departamento, es decir, que cada departamento sepa qué ocurre en los otros en cualquier momento. Esta situación lleva hacia la *integración vertical*, el segundo nivel.

El incremento del nivel de integración implica que las empresas tienen que trabajar no sólo entre departamentos si no también con los socios de la cadena de suministro. Así, las empresas se tienen que enfrentar a la decisión de dejar a sus socios de la cadena de suministro participar en los procesos de toma de decisiones en relación con la digitalización. A parte de lo que significa abrir la empresa a los intereses de terceras partes, colaborar con los socios incluye el establecimiento de objetivos empresariales conjuntos, así como definir y llevar a cabo procesos comunes alcanzando un determinado grado de transparencia a lo largo de la cadena de suministro. Esta situación, mantenida en el tiempo, da lugar al tercer nivel, conocido como *colaborador horizontal*.

En el desarrollo natural de las relaciones con los socios de la cadena de suministro, las empresas pueden alcanzar sus mayores niveles de colaboración y transparencia en las operaciones. Si se alcanza a través de la implementación de tecnologías digitales, surgirán los primeros procesos y técnicas analíticas mutuamente beneficiosas para optimizar toda la cadena de suministro. En ese momento, las empresas pueden denominarse *campeones digitales,* la cuarta etapa y la más deseada.

4.2. El campeón digital

Alcanzar esta etapa no es fácil y requiere de adaptaciones específicas puesto que cada cadena de suministro tendrá diferentes objetivos de desarrollo digital con diferentes prioridades. Sin embargo, se pueden establecer tres procesos esenciales para cualquier cadena de suministro.

4.2.1. Digitalización

El proceso de digitalización requiere el alineamiento entre las alternativas digitales y los objetivos de la cadena de suministro. Esto no implica tener las tecnologías digitales más avanzadas. Las empresas deberían ser conscientes de la metodología digital que mejor se ajusta a su disponibilidad de recursos y capacidades para poder aprovechar todo su potencial. En este sentido hay cinco aspectos a tener en cuenta para determinar la metodología digital: estrategia, cultura, operaciones, productos y servicios y experiencia del consumidor (ver Tabla 2).

La estrategia es fundamental para determinar una nueva forma de competir puesto que la mayoría de las empresas no tiene una estrategia digital clara. Esto puedo evitar que las empresas implicadas en el proceso logren un desarrollo conjunto adecuado. La cultura es de gran importancia puesto que

ayuda en los procesos de concienciación entre la alta dirección, ayudando a que asimilen y capturen la noción de transformación. En este sentido, son capaces de promocionar a los gerentes y empleados digitales a través de la definición de visión, misión, planificación y objetivos.

TABLA 2. Marco para la digitalización de la cadena de suministro

Estrategia	Cultura	Operaciones	Productos y Servicios	Experiencia del consumidor
Establecimiento del objetivo digital	Análisis de la situación actual	Habilitación de trabajadores	Ciclo de vida de requisitos del cliente	Comprensión del cliente
Formulación de la estrategia digital	Gestión de la cultura digital	Gestión de las operaciones digitales	Ecosistemas de productos y servicios	Puntos de contacto del cliente
Implementación de la estrategia digital	Transformación en una organización digital (cultural)	Implementación de las operaciones digitales	Personalización y adaptación	Crecimiento de primera línea

Fuente: Elaboración propia

La etapa de las operaciones permite a las empresas decidir qué tecnologías son las más apropiadas de acuerdo con su potencial para mejorar el rendimiento mientras que reducen los costes y el tiempo. Así, las empresas implicadas en estos procesos deberían ser capaces de evolucionar al mismo ritmo y mantener una política de cambios continuos, instantáneos y rápidos. Con la implementación de este proceso, las empresas necesitan ser conscientes de que la experiencia de servicio tiene que ser extendida durante toda la relación con el cliente. Esto conlleva a una consideración más amplia de productos y servicios si quieren mantenerse al día en cuanto a las tendencias. Finalmente, es necesario considerar que el desarrollo de la cadena de suministro digital requiere la completa transformación de la experiencia del consumidor. Esto implica explorar las necesidades de los consumidores teniendo en cuenta su comportamiento, personalidad, preferencias y las

expectativas de manera que se puedan identificar aquellos medios digitales que permitan medir la satisfacción, o no, de los consumidores.

4.2.2. Implementación tecnológica

En esta etapa, la tecnología se implementa en función a la metodología digital elegida en la etapa anterior (ver Tabla 3). En este sentido, lo primero que hay que hacer es determinar las tareas que hay que llevar a cabo y el equipamiento necesario. De igual forma es importante confiar en los recursos humanos con las capacidades necesarias para interaccionar con las tecnologías digitales. Así, se selecciona la tecnología digital que mejor se ajuste a las capacidades, características y necesidades de cada empresa.

TABLA 3. Procesos para la implementación tecnológica y sus elementos clave

Proceso	Elementos clave
Sistema de gestión de proyectos	- Descripción detallada de las tareas - Asignación de responsabilidades a los equipos
Relación humana y tecnológica	- Interoperabilidad humano-tecnología - Interacción y colaboración entre usuarios
Habilitadores tecnológicos	- Tecnologías disponibles (adaptación a cada empresa) - Tiempo de implementación y alternativas
Infraestructura tecnológica	- Incertidumbre (riesgos y debilidades) - Plan de ruta (requisitos y prioridades)

Fuente: Elaboración propia

Un ejemplo de implementación tecnológica se puede encontrar en la empresa de automóviles Ford. En 2013 comenzaron a usar la impresión en

3D para reducir los tiempos de fabricación de las partes de los prototipos, fusionando los departamentos de planificación y manufactura en uno solo. A través de un programa, las partes necesarias eran diseñadas y transmitidas al ordenador de la impresora la cual lo analizaba y, si encontraba el diseño adecuado, procedía a su impresión. Para poder llevar a cabo todo el proceso fue necesario contar con mano de obra que dominara perfectamente estas nuevas técnicas. Entre los riesgos de adoptar este tipo de tecnología estaba la alta inversión necesaria para adquirir la impresora 3D, así como la necesidad de tener empleados con las capacidades técnicas requeridas. Sin embargo, consideraron que las ventajas eran incluso mayores y proporcionarían una ventaja sobre sus competidores. Debido al éxito de esta implementación, un año más tarde, en 2014, su principal competidor, General Motors, empezó a usar esta misma tecnología.

4.2.3. Gestión de la cadena de suministro

Incluso cuando la digitalización y la implementación tecnológica se llevan a cabo de forma satisfactoria es necesario gestionarla de forma apropiada. Es un proceso esencial puesto que ayuda a alcanzar decisiones complejas que permitirán alcanzar los objetivos estratégicos de la empresa. Además, facilita la comprensión de los problemas que afectan las interacciones entre los diferentes componentes del sistema de la cadena de suministro. Para poder gestionar la cadena de suministro de forma apropiada se hace necesario distinguir siete dimensiones: proveedores, producción, inventario y logística, clientes, tecnologías de la información, recursos humanos y medición del rendimiento. Esto conlleva que la transformación digital no debería llevarse fuera de la empresa (ej. sistema de fabricación e inventario digitales y logística). Sin embargo, los proveedores y clientes tienen que implementar la transformación, así como hacer que todo el sistema funcione. A su vez, la

tríada proveedor-empresa-cliente tiene que estar apoyada por la relación entre los recursos humanos y las tecnologías digitales.

Gestionar estas dimensiones permitirá a las empresas alcanzar los objetivos necesarios para obtener un sistema de gestión efectivo. Los objetivos deseados, en este sentido, serían la reconfiguración, los procesos, la integración, el análisis y la automatización (ver Tabla 4).

TABLA 4. Objetivos necesarios para una gestión eficiente de la cadena de suministro

Objetivos	Consecuencias
Reconfiguración	- Integración con socios - La reducción de riesgos - Más información sobre lo que sucede en la cadena - Mejora del rendimiento
Proceso	- Determinar las debilidades a lo largo de la cadena
Integración	- Acceso a recursos que no se poseen de forma aislada - La reducción de riesgos - Aumento conjunto de los beneficios
Análisis	- Ejecución rápida de acciones - Reducción de costes y tiempo - Previsiones precisas
Automatización	- Flexibilidad organizacional - Simplificación de tareas

Fuente: Elaboración propia

La etapa de reconfiguración implica determinar una nueva estructura que incluya proveedores y clientes dentro de la empresa mientras que el modelo *SCOR*[1] determinará los procesos a seguir. Una vez que se ha llevado a cabo la reconfiguración y los procesos detallados, las empresas deberían mantener

[1] El Modelo SCOR (Supply Chain Operations Reference model) es una herramienta para representar, analizar, y configurar cadenas de suministro. El modelo proporciona un marco único que une los procesos de negocio, los indicadores de gestión, las mejores prácticas y las tecnologías en una estructura unificada para apoyar la comunicación entre los socios de la cadena de suministro y mejorar su eficacia.

un intercambio constante de información en ambas direcciones tanto con proveedores como con clientes. Esto lleva a la integración entre los socios de la cadena de suministro, resultando en un acceso a los datos por parte de todos que no podría haberse llevado de forma aislada. Durante la etapa de análisis, se recoge toda la información de las fuentes disponibles y se procesa para determinar las posibilidades de la empresa en términos de previsión y toma de decisiones en tiempo real. La etapa de automatización podría implicar robots, equipados con *IA*, lo que permitiría a la empresa llevar a cabo tareas en un menor tiempo con una reducción en los erros que aceleraría los tiempos de respuesta a los consumidores.

4.3. Implementación estratégica

Alcanzar una transformación digital satisfactoria puede hacerse a través de tres rutas estratégicas diferentes. Cada una de ellas se compone de diferentes niveles de transformación.

4.3.1. Ruta 1: la transformación de las operaciones

La Ruta 1 se centra en cómo opera la empresa, es decir, incluye nuevas capacidades digitales para satisfacer las preferencias actuales de los consumidores (ver Tabla 5). Esto implica comenzar la transformación por las operaciones. Por esa razón, el primer paso es crear las estructuras básicas para atraer clientes a través de canales *online* (nuevas capacidades digitales que deben aprovecharse). Esta ruta se ajusta a industrias donde los productos son principalmente físicos y no hay complejidad en los requerimientos de la información de los clientes. Así, por ejemplo, Burberry permite la realización de pedidos durante determinados eventos. En este sentido, los procesos de compra son más flexibles y así se pueden reducir los tiempos de respuesta.

La clave reside en crear alternativas atractivas para los clientes de manera que se desarrollen las capacidades digitales tanto de la empresa como de los nuevos clientes.

TABLA 5. Ejemplos de las principales implementaciones de la Ruta 1

Ruta	Nivel	Empresa	Operativa	Consecuencia
1	Crear	Burberry	Pedidos online al momento de presentar nuevas colecciones	- Reducción tiempos de respuesta
	Aprovechar	Meredith Corporation	Aprovechamiento datos de consumidores (e.g. lectores)	- Personalización
	Integrar	Tesco	Escaneo de productos que se agregan automáticamente a la cesta de compra online	- Reducción tiempos de respuesta - Minimizar costes del cliente

Fuente: Elaboración propia

La siguiente fase es aprovechar tanto la información y las relaciones a través de los canales como de las unidades de negocio y los socios de la cadena de suministro. Con ello, se pueden integrar los componentes físicos y virtuales que proporcionen valor como por ejemplo la mejora en el ritmo de comercialización o dotar a los empleados con la información necesaria que permita superar las expectativas de los consumidores. En este sentido, Meredith Corporation (el principal grupo de Comunicación de EE. UU.) se aprovechó de la información obtenida de sus lectores para determinar qué tipo de publicidad era más apropiado para ellos y así crear un servicio completo de marketing para sus anunciantes. De este modo, gestionaron una gran customización en sus comunicaciones.

Al nivel de transformación, todos los elementos físicos y digitales relacionados con el compromiso de los clientes están integrados y optimizados. Tesco, cadena de supermercados en el Reino Unido, es un

ejemplo de empresa que ha alcanzado este nivel de transformación. Han podido alcanzar este grado al desarrollar aplicaciones móviles que permiten a los clientes escanear los códigos de barras de los productos que tienen en casa, pudiendo ser añadidos automáticamente a la cesta de su compra online sin tener que buscarlos. Así, como en el primer nivel, los procesos de compra se flexibilizan y se reducen los tiempos de respuesta lo que conlleva en una mayor calidad en el servicio al cliente, ahorrando tiempo a los clientes para buscar otros productos.

4.3.2. Ruta 2: la reorganización de la propuesta de valor

La Ruta 2 conlleva incrementar el valor que se ofrece al cliente, incrementando las prestaciones de sus productos mediante una mayor interactividad e intercambio de información entre la empresa y los clientes (ver Tabla 6). Por tanto, se trata de reorganizar la propuesta de valor al cliente tratando de ofrecerles los servicios más innovadores.

TABLA 6. Ejemplos de las principales implementaciones de la Ruta 2

Ruta	Nivel	Empresa	Operativa	Consecuencia
2	Mejorar	Macy's	Añadir complementos al look mediante un espejo	- Mejora de las prestaciones - Mejora de la experiencia de compra
	Aumentar	Ford	Tecnología de control de voz integrada que evita distracciones al volante	- Mejora de las prestaciones - Mejora la percepción de calidad
	Redefinir	Compamed	Dispositivos de médicos que informan sobre la condición de un paciente a familiares	- Mejora de las prestaciones - Aumenta la fiabilidad y seguridad

Fuente: Elaboración propia

El primer paso es mejorar las características de los productos y servicios con el objetivo de ofrecer una mejor experiencia al consumidor basado en los nuevos tipos de información y su interacción. Por ejemplo, Macy's (grandes almacenes en EE. UU.), con uno de los centros comerciales más grandes del mundo, ha implantado en sus probadores espejos inteligentes que capturan digitalmente la imagen de los compradores que están probándose la ropa y tan solo con apretar un botón el cliente puede incorporar accesorios a la imagen.

El segundo paso es aumentar los productos y servicios ofrecidos para encontrar nuevos recursos de ingresos. Por ejemplo, Ford ha desarrollado el servicio "*MyFord Touch*" el cual proporciona a los usuarios una conducción más segura y confortable permitiéndoles, a través de una tecnología de voz integrada, recibir llamadas, ajustar el volumen o determinar la temperatura del climatizador, evitando, así, distracciones innecesarias.

Finalmente, las empresas deben redefinir su propuesta de valor incorporando un elemento diferencial antes que sus competidores que permita satisfacer las necesidades de sus clientes. En este sentido, Compamed (fabricante alemán de productos sanitarios) ha desarrollado dispositivos de vigilancia de enfermedades que pueden proporcionar a los familiares o cuidadores con información crítica en relación con el estado de salud del paciente, satisfaciendo así sus necesidades permanentes de información.

Sin embargo, muchas empresas necesitan redefinir simultáneamente tanto su propuesta de valor a los consumidores como sus modelos operativos para poder tener éxito en la transformación digital. Esto supondría seguir la Ruta 3, siendo, por tanto, un híbrido entre la Ruta 1 y la 2. Las empresas que puedan, y así lo hagan, se encontrarán en una posición única para adoptar un papel de liderazgo en la industria.

Tras seguir la ruta adecuada, y una vez realizados los pasos necesarios, la información interconectada y los productos y servicios componen la cadena de suministro como una cadena de suministro digital. Esto es, basándose en la información obtenida y procesada en tiempo real sobre sus clientes, se puede planificar la producción, proporcionando a las empresas con un flujo constante de información sobre su capacidad productiva y su estado en todo momento. Una vez se completa el proceso de fabricación, la producción se almacena y su estado puede comprobarse fácilmente en tiempo real para posteriormente proceder a la distribución. En este proceso, los clientes pueden rastrear el estado de sus pedidos o incluso modificar sus preferencias de entrega. Esto pone de manifiesto el papel tan importante que juega la información en las cadenas de suministro y en cómo fluye, desde lo físico a lo digital, analizando y procesándola para devolverla al estado físico.

RECUERDA QUE:

- El rápido desarrollo de las tecnologías digitales cambia las reglas del juego muy rápido
- Hay que tener un alineamiento entre las tecnologías digitales y los objetivos empresariales
- La transformación digital debe contar con el apoyo y el consenso de todas las partes implicadas
- La cadena de suministro digital implica: la digitalización, la implementación y la gestión adecuada
- Tan importantes son las relaciones con los proveedores y clientes como con los recursos humanos
- La Ruta 1 se enfoca en las operaciones, la Ruta 2 en la propuesta de valor y la Ruta 3 es una combinación de ambas

5. Principales efectos de las tecnologías digitales en la cadena de suministro

Las tecnologías digitales cubren un amplio rango de aplicaciones que, junto con su versatilidad, hacen posible su implementación a lo largo de la cadena de suministro digital. Sin embargo, cada una de ellas tiene un impacto en las diferentes áreas que comprenden la cadena de suministro. Con carácter general, el objetivo principal es obtener un flujo de información como consecuencia de la digitalización de la cadena de suministro. De esta forma, cada empresa puede aprovechar las mejoras que cada tecnología ofrece y traducirlas en un beneficio sustancial. En este proceso, las empresas tienen que evaluar el grado de adecuación de las diferentes tecnologías con los objetivos propuestos.

Considerando el flujo de información como el principal instrumento, el internet de las cosas (*IoT* por sus siglas en inglés —*internet of things*—) obtiene la información de diversos objetos tales como camiones, productos u otra maquinaria y la transfiere a la computación en la nube (*CC* por sus siglas en inglés —*cloud compuing*—). La información recogida, junto con cualesquiera otros datos recogidos a través de *BD* procedente de otras fuentes (ej. redes sociales) se analizada para generar una predicción mucho más precisa, reduciendo, lo máximo posible, el riesgo en el proceso de toma de decisiones. El uso de la IA permite que el procesamiento de los datos se lleve a cabo de una manera autónoma y fiable. Usando esta información analizada permitirá a las empresas tomar decisiones tan importantes como el mantenimiento de la maquinaria, el cambio de proveedores o el desarrollo de nuevos productos de acuerdo con la tendencia imperante.

Una vez que se termina el producto, los robots estarán al cargo de empaquetarlo y transferirlo a un vehículo autónomo (VA), el cual será el responsable de su transporte hacia almacén. El VA hace uso de la IA para poder seleccionar la ruta óptima de forma autónoma. Una vez los productos

llegan al almacén, otro tipo de robots procederán a la descarga del VA, localizarlos y clasificarlos donde y cuando sean necesarios. Finalmente, otro tipo de robots cogerán los productos en el momento oportuno una vez se haya recibido la orden. En algunos casos los drones pueden ser utilizados para los envíos y devoluciones.

5.1. Impacto de las tecnologías digitales en áreas específicas de la cadena de suministro

Debido a la variedad de las tecnologías digitales y su naturaleza, su impacto dentro de la cadena de suministro puede variar. La misma tecnología puede producir diferentes resultados en diferentes áreas. Atendiendo al uso y tratamiento de la información, se pueden dividir las tecnologías digitales en dos grandes grupos. Por un lado, se encuentran aquellas tecnologías digitales diseñadas para recoger y escudriñar la información. Se centran en la búsqueda y recogida de información que cumpla con una serie de requisitos o requerimientos. Así, se pueden personalizar los requerimientos, siendo su principal función la de filtrar la información para obtener aquella más útil de acuerdo con las necesidades específicas de la empresa. En este grupo se pueden incluir *IoT*, *CC* y *BD*. Por otro lado, las tecnologías digitales diseñadas para interpretar la información y producir o crear son las responsables de llevar a cabo acciones que están determinadas por la información recogida. Por ello, su principal función es la de ejecutar la información para obtener un resultado. En este grupo se pueden incluir Robots, drones, VA y la fabricación aditiva (FA; también conocida como impresión 3D). En este sentido, las tecnologías del segundo grupo necesitan a las del primero para poder funcionar correctamente. Esto es por lo que sus relaciones e interconexiones deben gestionarse de forma inteligente para no alter sus sinergias y dependencias.

5.1.1. Tecnologías colectoras y analizadoras

La *IoT* y *CC* producen mejoras en la distribución proporcionando a los clientes con la información apropiada sobre el estado de sus pedidos mediante un simple acceso a la página web de la empresa (ver Tabla 7). En el caso de que un cliente detecte que su pedido permanece mucho tiempo en preparación o entrega, puede informar a la empresa de esta contingencia para poder tener una respuesta rápida. La comunicación entre la empresa y el cliente está, por tanto, optimizada debido a este nuevo canal entre ellos. Esto se traduce en un mejor servicio al cliente, el cual es inmediatamente percibido y evaluado. Con ello, se mejora la satisfacción de los clientes, repercutiendo en una predisposición positiva a repetir la compra.

En el área de compras, se puede usar un sistema *just-in-time* para minimizar los costes asociados con los niveles de inventario (ej. pedido, almacenamiento o rotura). Esto es posible puesto que los proveedores pueden acceder a la información relativa al stock disponible de los ítems en la empresa y suministrar las unidades necesarias en el momento preciso en el que estén a punto de agotarse. Esto tiene un impacto en el acortamiento de los tiempos de fabricación.

En relación con el área de planificación, las tecnologías digitales pueden tener un impacto doble. Por un lado, reducen los costes y los tiempos de entrega al tener la información sobre el número de productos terminados y sus destinos finales. Al hacer esto, es fácil determinar el número exacto de camiones necesarios, así como las rutas óptimas. Con esto se mejora el servicio al cliente, así como la eficiencia de la empresa, conllevando un incremento en los beneficios. Por otro lado, el *BD* es capaz de detectar condiciones impredecibles en tiempo real y reducir las interrupciones a partir de los datos obtenidos y compartidos (ej. estado de la maquinaria, nivel de inventario o variaciones de demanda). En este sentido el *BD* puede predecir

retrasos en los suministros, averías en las máquinas o cambios en la tendencia de la demanda. Todo esto resulta en una reducción de los tiempos de fabricación lo que terminará reduciendo los riesgos en la toma de decisiones puesto que los gerentes cuentan con información más confiable sobre los escenarios futuros.

TABLA 7. Principales beneficios de las tecnologías colectoras y analizadoras para la gestión de la cadena de suministro

TECNOLOGÍA DIGITAL	ÁREA	IMPACTO	FUNCIONAMIENTO	BENEFICIO
IoT y CC	Distribución	Rápido conocimiento de incidencias	Saber el estado concreto de un pedido	- Mejor servicio al cliente - Aumento de la satisfacción - Facilitador de compras
	Planificación	Reducir costes y tiempos de entrega de los pedidos	Diseñar e implementar planes logísticos mucho más precisos	- Mejora la eficiencia de la empresa - Mejor servicio al cliente
		Detectar en tiempo real condiciones impredecibles (*) Aplicable también a BD	Hacer predicciones fiables	- Mejora la toma de decisiones - Reduce el riesgo
	Aprovisionamiento	Reducir el nivel de inventario y las interrupciones	Recibir suministros en el momento oportuno	- Acorta los tiempos de fabricación
BD	Planificación	Diseñar productos dotados de atributos únicos	Trazar escenarios y probar la respuesta del mercado	- Mejora la toma de decisiones - Reduce el riesgo
		Personalización de productos	Realizar una microsegmentación del mercado	- Mejor servicio al cliente - Aumento de la satisfacción - Facilitador de compras
		Reducir las interrupciones (*) Aplicable también a IoT y CC	Planificar el servicio de mantenimiento y la sustitución de piezas de las máquinas	- Acorta los tiempos de fabricación
		Reducir costes y mejorar la calidad de los productos	Detectar nuevas tecnologías, sustitutos de materiales y nuevos proveedores	- Mejora la eficiencia de la empresa - Aumento de la satisfacción

Fuente: Elaboración propia

Además, el *BD* puede tener una influencia importante en el área de planificación. De esta forma, permite a las empresas diseñar productos con atributos únicos a través del establecimiento de diferentes escenarios y testando las respuestas de los clientes potenciales. Asimismo, los productos pueden ser customizados a través de la segmentación de los mercados usando la información proporcionada por las tecnologías. En definitiva, se reducen los costes, se mejora la calidad de los productos por el hecho de estar al corriente de las últimas tendencias sobre la tecnología.

Del mismo modo, cabe destacar el papel tan relevante que adquiere la información, consecuencia de su naturaleza estratégica, cuando se exploran

y explotan los recursos y capacidades de la empresa. Estas tecnologías digitales proporcionan una fuente de información rica que ayuda a las empresas a desarrollar su estrategia. Por tanto, la forma en la que las empresas establezcan sus prioridades a la hora de implantar estas tecnologías encontrará mayores o menores impedimentos para la consecución de los objetivos propuestos.

5.1.2. Tecnologías interpretadoras y transformadoras

Las tecnologías incluidas en este grupo son de una naturaleza más mecánica y su impacto es más visible en la fabricación y la distribución de los productos. Están concebidas para interpretar la información proporcionada por otras tecnologías (usualmente ya filtradas o curadas) y ejecutar las órdenes de forma apropiada.

En este sentido, los robots permiten la reducción del coste laboral y las interrupciones del suministro debido a su habilidad para trabajar 24 horas al día realizando tareas complejas con un número menor de errores en comparación con los humanos (ver Tabla 8). Esto reduce los tiempos de fabricación y mejora la eficiencia de la empresa. En cuanto a los drones, por ejemplo, tienen implicaciones tanto en la distribución como en las devoluciones, puesto que pueden reducir los tiempos en ambos casos. Esto es posible gracias al hecho de que viajar por el aire evita problemas que generen retrasos como los atascos o las señalizaciones de tráfico (ej. semáforos). Por tanto, son capaces de llevar a cabo entregas en menor tiempo y, en el caso de las devoluciones, recoger los ítems en los lugares propuestos por los clientes, reduciendo así costes de transporte. Esto, resulta en un mejor servicio al cliente, quedando más satisfecho con la empresa y con el proceso de compra en general.

TABLA 8. Principales beneficios de las tecnologías transformadoras e interpretativas para la gestión de la cadena de suministro

TECNOLOGÍA DIGITAL	ÁREA	IMPACTO	FUNCIONAMIENTO	BENEFICIO
Robótica	Aprovisionamiento	Reducir costes de mano de obra e interrupciones	Realizar actividades complejas	- Acorta los tiempos de fabricación
Drones	Distribución	Reducir el tiempo de entrega de los pedidos	Transportar los productos	- Mejor servicio al cliente - Aumento de la satisfacción - Facilitador de compras
	Devolución	Facilitar las devoluciones	Recoger el producto en el domicilio del cliente	
Automóviles autónomos	Distribución	Reducir los costes y el tiempo de entrega	Transportar los productos	- Mejora la eficiencia de la empresa
Impresión 3D	Fabricación	Reducir los costes de suministro de materiales y las interrupciones	Imprimir las piezas	- Acorta los tiempos de fabricación - Mejora la eficiencia de la empresa
		Diseño rápido de prototipos	Imprimir los productos	- Mejora la toma de decisiones - Reduce el riesgo

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los VA, pueden mejorar la distribución, reducir los costes (tanto en recursos humanos como en combustible) y reducir los tiempos de entrega. Con el uso de esta tecnología las empresas pueden mejorar su eficiencia, traduciéndose en un incremento de los beneficios.

Finalmente, la FA influye en el área de fabricación a través de la reducción de los costes de aprovisionamiento y las interrupciones al mismo tiempo que facilita un diseño ágil de los prototipos. Estas implicaciones surgen por la posibilidad de imprimir piezas internamente. Al hacerlo, se evita el abastecimiento físico, mejorando la eficiencia y reduciendo los tiempos de fabricación. En definitiva, al conocer de forma más rápida y eficaz la reacción del mercado ante un nuevo producto se produce una mejora en los procesos de toma de decisiones al reducirse el riesgo.

RECUERDA QUE:

- Las tecnologías digitales pueden aplicarse a diferentes áreas por lo que hay que identificar cuál es la mejor para cada área
- Las tecnologías colectoras y analizadoras (*IoT*, CC) recopilan y filtran información relevante
- Las tecnologías analizadoras (*BD*, *IA*, drones) interpretan la información y ejecutan acciones
- Las tecnologías mecánicas (VA, FA) tienen un impacto visible en la fabricación y distribución de productos
- La digitalización puede generar mayor satisfacción de los clientes, mejorar la calidad de los productos y mayor flexibilidad
- La correcta implementación puede generar ventajas competitivas

Palaras clave

B

Big Data 17

C

cadena de suministro inteligente.....9
computación en la nube.....17
Cuarta Revolución Industrial.....7

D

desarrollo de competencias 11
digitalización.....7
drones.....33

E

ecosistema eficiente y sostenible 11
espejos inteligentes 30

F

fenómeno supraorganizacional.....11

I

impresión en 3D..... 25
Industria 4.0..... 8
innovación..... 7
inteligencia artificial 17
internet de las cosas 17

N

negocios de plataformas..... 9

R

relaciones estratégicas..... 10
robots..... 27

T

tecnologías emergentes 15

TERMINOLOGÍA

'*Internet of things*' (IoT). Es una red de objetos físicos que contienen una dirección IP para la conectividad a Internet, lo que les permite recolectar e intercambiar datos, dando lugar a una comunicación entre esos objetos y otros dispositivos y sistemas de red. Para que IoT tenga una mayor utilidad a nivel de cadena debe usarse una combinación con '*Cloud Computing*' que ofrece una red de servicios virtuales para que los usuarios puedan acceder a ellos desde cualquier lugar del mundo.

Automóviles autónomos. Son vehículos capaces de detectar su entorno y navegar sin la intervención humana. Se conoce como pelotón a uno o más camiones autónomos conectados digitalmente que siguen a un camión conducido manualmente.

Big Data. Es cualquier gran cantidad de datos estructurados, semiestructurados o no estructurados que tienen el potencial de ser extraídos para obtener información. Su valor proviene del procesamiento y análisis de datos obtenidos de un almacén establecido internamente, de grandes proveedores de servicios de bases de datos o de redes sociales

Cadena de suministro inteligente: nivel superior de interconexión entre empresas dentro de la cadena de suministro con un propósito común.

Cuarta Revolución Industrial: transición a un nuevo sistema basado en las estructuras de la revolución digital anterior y caracterizada por su velocidad, alcance e impacto.

Fabricación aditiva (impresión 3D). Varios procesos utilizados para sintetizar un objeto tridimensional. Alto valor potencial para la fabricación de productos y piezas personalizados.

Industria 4.0: fase dentro de la Cuarta Revolución Industrial que se centra en diferentes tecnologías tales como la automatización, el aprendizaje automatizado y los datos en tiempo real.

Inteligencia artificial. Conjunto de tecnologías que permiten a las máquinas adoptar capacidades humanas mediante la detección, la comprensión, la actuación y el aprendizaje. Incluyen el procesamiento de lenguaje natural, visión artificial, aprendizaje automático y reconocimiento de voz.

Interfaz hombre-máquina: software que muestra el estado de un proceso y permite la ejecución de una orden. Representa los medios de interacción entre un operador y las máquinas.

Productos inteligentes: productos y servicios que se basan en la tecnología digital para realizar funciones específicas

Robótica. Rama de la ingeniería que involucra la concepción, diseño y fabricación y operación de robots. Se pueden englobar los drones definidos como un avión que, sin piloto, es capaz de volar a control remoto o de forma autónoma a partir de planes de vuelo predeterminados.

Tecnologías digitales: cualquier tipo de equipamiento o aplicación que use la información de forma codificada.

BIBLIOGRAFÍA

Lozano-Almansa, J.M., Tarifa-Fernández, J. y Sánchez-Pérez, A.M. Digital transformation, and real options: Evaluating the investment in Cloud ERP. *Engineering Economics*. Accepted for publication.

Tarifa-Fernández, J. (2019). Sustainable implications of Industry 4.0. In Responsible, Sustainable, and Globally Aware Management in the Fourth Industrial Revolution. IGI Global, pp. 29-53.

Tarifa-Fernández, J., Martínez-Aguilera, A., y Jiménez-Guerrero, J.F. (2020). Challenges of digital technologies in the development of supply chains: a guide for their selection. In Data Science and Analytics. Emerald Limited, pp. 151-166.

APÉNDICE

Hacia una gestión sostenible[2]

La visión tradicional de la gestión industrial no ha considerado su entorno natural como un agente importante cuando se trata de su desarrollo. Este entorno representa el lugar de donde las empresas obtienen los recursos y donde colocan productos sus, es decir, el medio físico donde las empresas desarrollan su actividad. Considerando una perspectiva más amplia, la gestión debería contemplar el deterioro que las actividades de las empresas tienen en el entorno natural en el que operan. Esto conlleva el reconocimiento de diferentes enfoques tanto sociales como ambientales (Seuring y Müller, 2008), para los cuales las industrias han adoptado actitudes diferentes con el intento de adaptarse a las nuevas demandas.

Las tecnologías digitales están influyendo, cada vez más, en la forma en que los miembros de la sociedad perciben, piensan y se relacionan con el entorno natural (Kahn, 2011). Por ello, las tecnologías que comprenden la Industria 4.0 podrían ser responsables de abordar este cambio. La idea principal es que la Industria 4.0 utiliza tecnologías de información emergentes para que los procesos comerciales y de ingeniería se integren, permitiendo que la producción opere de manera flexible, eficiente y ecológica, al tiempo que se mantiene la calidad y el bajo coste (Wang et al., 2016). De esta manera, todos los esfuerzos se centran en una mejora significativa del bienestar de la sociedad en su conjunto, donde también se incluye su entorno natural. De esta forma, la generación de grandes cantidades de datos y la creación de repositorios de datos centralizados, para explotarlos en una fecha posterior, pueden determinar relaciones, predecir comportamientos y establecer dependencias entre empresas, trabajadores y el medio ambiente (Linkov et al., 2018). Además, big data facilita los cálculos

[2] Extraído de: Tarifa-Fernández, J. (2019). Sustainable Implications of Industry 4.0. In Z. Fields, & S. Huesig (Eds.), Responsible, Sustainable, and Globally Aware Management in the Fourth Industrial Revolution (pp. 29-53). Hershey, PA: IGI Global. doi:10.4018/978-1-5225-7638-9.ch002

y el procesamiento de las relaciones entre las necesidades del consumidor y sus funciones para grandes cantidades de datos (Sanders et al., 2016).

Por ejemplo, para enfrentarse a la diversificación de las necesidades de los consumidores, Toyota popularizó el concepto del sistema SMED (*Single-Minute Exchange of Die*) con el cual se hacía evidente la reducción en los tiempos de cambio. Los sistemas de fabricación modernos tienden a la personalización masiva, por lo que no pueden permitirse el lujo de aumentar el tiempo entre cambios en las variantes del producto. Los sistemas equipados con auto-optimización y máquinas con comportamiento hacia el aprendizaje permiten a las empresas adaptar la maquinaria de acuerdo con los productos y producir pequeños lotes (Ford y Despeisse, 2016; Gogate y Pande, 2008). Todo esto da como resultado cambios más rápidos en los parámetros de las máquinas de acuerdo con las instrucciones dadas. El tiempo de adaptación de las organizaciones se reduce sustancialmente debido a la capacidad de su maquinaria para la toma de decisiones y su comunicación fluida con otros elementos (Sanders et al., 2016). Por lo tanto, uno de los puntos críticos de Industria 4.0 es determinar si las tecnologías aplicadas pueden proporcionar la información correcta para el propósito apropiado en el momento adecuado para generar valor agregado, o si, por el contrario, pueden identificarse como intrusos.

El desarrollo de una industria inteligente se basa, por lo tanto, en una perspectiva holística que permite un conocimiento amplio y completo tanto de la propia empresa como de sus relaciones a través de la cadena de suministro (Preuveneers y Ilie-Zudor, 2017). Dicha perspectiva implica una conexión integral de la empresa tanto internamente como con todos los agentes externos que participan en el proceso de la cadena de suministro. Aunque esto, inicialmente, parece una tarea fácil de lograr, las empresas tienen que confiar en el desarrollo actual de sus capacidades operativas. Al hacerlo, las empresas aumentan la base sobre la cual construir

sus nuevas capacidades para enfrentar la transformación digital. Esto es de gran importancia ya que la implementación de tecnologías digitales, de naturaleza disruptiva, genera una situación perturbadora que resulta en una reorganización completamente nueva.

Por ejemplo, la informática permite la creación de máquinas inteligentes que funcionan y reaccionan como los humanos (Moudud-Ul-Huq, 2014). De acuerdo con Linkov et al. (2018), las máquinas podrán aprender de su experiencia y tomar sus propias decisiones sin más aportes de los humanos más allá del diseño inicial de la máquina. Por lo tanto, las tecnologías digitales cambian las partes esenciales de una empresa, como sus estructuras corporativas, procesos, cultura y habilidades y destrezas relacionadas con los recursos humanos. Esto plantea el desafío de desarrollar nuevas capacidades operativas inherentes a las tecnologías digitales, comúnmente conocidas como capacidades operativas digitales. Estas capacidades mejoradas surgen como una adaptación a nuevas circunstancias basadas en las anteriores. En consecuencia, las nuevas rutinas y procesos se convierten en las fuentes de estas capacidades, siendo también sensibles a las redes de empleados y las relaciones interorganizacionales.

Bajo este desarrollo, la Industria 4.0 ofrece la primera ventaja: una nueva forma de hacer las cosas de manera sostenible. Debido a la interconexión que se crea, las empresas pueden implementar nuevos modelos de gestión basados en la asignación sostenible de productos, materiales, energía y agua (Stock y Seliger, 2016). Para lograr esto, confían en ciertas prácticas, como la logística inteligente, las redes de suministro inteligentes y el suministro autosuficiente (Stock et al., 2015). Estos cambios proporcionan una forma más eficiente de gestión basada en la creación de valor al conectarse con los elementos de inteligencia. De esta manera, la sostenibilidad y la eficiencia de los recursos se convierten en el foco del diseño de los procesos de fabricación

industrial, asumiendo en este nivel las condiciones marco fundamentales para garantizar el éxito de los productos (Lasi et al., 2014).

Bibliografía

Ford, S., and Despeisse, M. (2016). Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 137, 1573–1587.

Gogate, A. S., and Pande, S. S. (2008). Intelligent layout planning for rapid prototyping. *International Journal of Production Research*, 46(20), 5607-5631.

Kahn, P. H. (2011). Technological nature: Adaptation and the future of human life. MIT Press.

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., and Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242.

Linkov, I., Trump, B. D., Poinsatte-Jones, K., & Florin, M. V. (2018). Governance strategies for a sustainable digital world. *Sustainability*, 10(2), 440.

Moudud-Ul-Huq S. (2014). The Role of Artificial Intelligence in the Development of Accounting Systems: A Review. *IUP Journal of Accounting Research & Audit Practices*. 14;13(2):7-19.

Preuveneers, D., and Ilie-Zudor, E. (2017). The intelligent industry of the future: A survey on emerging trends, research challenges and opportunities in Industry 4.0. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 9(3), 287-298.

Sanders, A., Elangeswaran, C., and Wulfsberg, J. (2016). Industry 4.0 implies lean manufacturing: research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*,9(3), 811-833.

Seuring, S., and Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699-1710.

Stock, T., and Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40, 536-541.

Stock, T., Bietz, T., Alva, D., Swat, M., Seliger, G., and Bähre, D. (2015). Design and Control of Manufacturing Systems for Enabling Energy-Efficiency and-Flexibility. *The Journal of Innovation Impact*, 438-49.

Wang, S., Wan, J., Li, D., and Zhang, C. (2016). Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1), 1-10.